

УДК 544.032.65

ФОРМИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНО-ИНДУЦИРОВАННЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТРУКТУР ИМПУЛЬСАМИ НАНОСЕКУНДНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ

Южакова Д.С. (Университет ИТМО), Москвин М.К. (Университет ИТМО), Авилова Е.А.
(Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н. Синев Д.А. (Университет ИТМО)
Научный консультант – к.т.н. Одинцова Г.В. (Университет ИТМО)

В работе продемонстрировано формирование лазерно-индуцированных периодических поверхностных структур (ЛИППС) в окислительном и абляционном режиме под воздействием наносекундного Yb-лазера на поверхности различных материалов. Определены температурные и энергетические режимы, способствующие формированию структур, их геометрические характеристики. Показано, что с помощью ЛИППС возможно управлять свойствами функциональных поверхностей, в том числе создавать элементы дифракционной оптики и защитные знаки на поверхности материала.

Введение. Формирование ЛИППС является известным феноменом для различных типов материалов: металлов, полупроводников и диэлектриков. ЛИППС характеризуются как структуры, сформированные внутри лазерного отпечатка и имеющие периодическую модуляцию рельефа поверхности в виде регулярной решетки. Направление и упорядоченность структур зависит от характера поляризации лазерного излучения. Поскольку организация структур происходит под действием модулированного теплового поля, формирование рельефа может быть вызвано теми или иными теплофизическими процессами, среди которых термохимические реакции, испарение и действие давления паров отдачи. С точки зрения практического применения для создания защитных знаков представляет интерес формирование ЛИППС на поверхности нержавеющей стали, как наиболее часто используемому конструкционному материалу в промышленности. В свою очередь, для создания элементов дифракционной оптики с помощью термохимических ЛИППС в качестве материала больше подходят титановые пленки на стеклянной подложке, которые позволяют сформировать оптически прозрачный оксид под воздействием лазерного излучения. Кроме того, в настоящей работе продемонстрировано формирование ЛИППС на поверхности медной плёнки, восстанавливаемой на стеклянную подложку в процессе лазерно-индуцированного осаждения из эвтектических растворителей. В большинстве известных работ ЛИППС получают под воздействием ультракоротких лазерных импульсов, однако в данной работе продемонстрировано формирование устойчивых, однородных, высококонтрастных структур под воздействием наносекундного лазера в составе коммерчески доступного комплекса МинимаркерTM.

Основная часть. В настоящей работе экспериментальное исследование проведено с помощью установки на базе волоконного иттербиевого лазера (длина волны $\lambda = 1,06$ мкм, длительность импульса $\tau = 4-100$ нс, частота следования импульсов 20-99 кГц). Продemonстрировано формирование ЛИППС на поверхности пленок титана, на пластинах нержавеющей стали AISI 304, а также на поверхности меди в процессе ее переноса на поверхность стекла методом лазерно-индуцированного осаждения из эвтектического раствора. Были экспериментально подобраны оптимальные параметры лазерного воздействия для формирования термохимических ЛИППС на тонких пленках титана. Период структур в этом случае равнялся порядку $0,7\lambda$. На поверхности нержавеющей стали были сформированы высокотемпературные ЛИППС в режиме плавления и абляции поверхности. Период структур в этом случае равнялся 1λ . После лазерно-индуцированного осаждения меди из эвтектического раствора на поверхности металла также были сформированы ЛИППС с периодом порядка 1λ . В случае титана и стали направление структур определялось поворотом вектора поляризации

излучения, за счет чего была продемонстрирована возможность настройки геометрии ЛИППС и формирование одномерной решетки для случая стали и двумерной решетки для случая пленок титана. Данные результаты были достигнуты за счет пересечения треков сканирования с различным направлением поляризации. Угол ориентации структур относительно друг друга соответствовал углу поворота оси поляризации призмы Глана-Тейлора, с помощью которой исходная смешанная поляризация преобразовывалась в линейную. При пересечении треков с различной поляризацией на нержавеющей стали в абляционном режиме, формирование ЛИППС показало перезапись структур, структуры выстраивались в соответствие с направлением поляризации последнего сканирования.

Выводы. Таким образом в работе было показано формирование устойчивых, однородных ЛИППС, обладающих дальним порядком при записи на обширных поверхностях различных материалов. Точная настройка условий процесса формирования ЛИППС позволяет создавать различные схемы как одномерных, так и двумерных решеток, защитных знаков и элементов дифракционной оптики. Поскольку период структур равный 1 мкм имеет высокую дифракционную эффективность в видимом диапазоне, настоящие результаты открывают новые возможности к эффективному созданию элементов фотоники.

Работа поддержана грантом РФФИ 17-19-01721-П